

(19)



(11)

**EP 2 750 808 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**06.04.2016 Bulletin 2016/14**

(51) Int Cl.:  
**B07B 1/00 (2006.01) B07B 1/40 (2006.01)**  
**B07B 13/00 (2006.01) B07B 13/04 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **12748424.4**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/EP2012/065785**

(22) Date de dépôt: **13.08.2012**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 2013/029972 (07.03.2013 Gazette 2013/10)**

(54) **DISPOSITIF ET PROCEDE DE SEPARATION DE PRODUITS**

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM TRENNEN VON PRODUKTEN

METHOD AND DEVICE FOR SEPARATING PRODUCTS

(84) Etats contractants désignés:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB**  
**GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO**  
**PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **30.08.2011 FR 1157625**

(43) Date de publication de la demande:  
**09.07.2014 Bulletin 2014/28**

(73) Titulaire: **Le Meur, Jean-Pierre**  
**73100 Gresy sur Aix (FR)**

(72) Inventeur: **Le Meur, Jean-Pierre**  
**73100 Gresy sur Aix (FR)**

(74) Mandataire: **Novaimo**  
**Bâtiment Europa 2**  
**310 avenue Marie Curie**  
**Archamps Technopole**  
**74166 Saint-Julien-en-Genevois Cedex (FR)**

(56) Documents cités:  
**WO-A1-2008/040540 DE-C1- 10 054 089**  
**FR-A1- 2 671 743 US-A- 4 062 768**  
**US-A- 5 653 346 US-A1- 2006 266 284**

**EP 2 750 808 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

### Domaine technique de l'invention

[0001] L'invention concerne le domaine de la séparation de produits en refus et en passants, qu'il s'agisse de tamisage dans le cas de produits sous forme de poudres ou granules sèches ou de filtration dans le cas de produits sous forme de fluides (liquides et/ou gaz).

[0002] L'invention a pour objet plus particulièrement un dispositif de séparation de produits et un appareil comprenant un ou plusieurs tels dispositifs, ainsi qu'un procédé de séparation de produits à l'aide d'un tel appareil.

### État de la technique

[0003] Dans de nombreux domaines, il est nécessaire de parvenir à une séparation de produits en des passants et des refus, en fonction d'une valeur seuil de taille. C'est notamment le cas dans le domaine des poudres ou des granules, qu'elles soient en particulier mais non exclusivement de type microniques et submicroniques, minérales, métalliques, céramiques et organiques.

[0004] Classiquement, un appareil ou une machine de séparation de produits met en oeuvre un ou plusieurs dispositifs de séparation caractérisés chacun sur un calibre de rétention donné. Chaque dispositif comprend une structure supportant un élément filtrant ou tamisant de type toile métallique ou grille tendue ou bien encore tôle perforée électro-formée, et se monte sur un châssis rigide. La séparation des produits s'opère par une mise en mouvements de l'élément filtrant ou tamisant relativement aux produits à séparer.

[0005] Les techniques connues mettent en oeuvre des moyens mécaniques pour mettre en mouvement l'élément filtrant afin de répartir les produits à séparer et/ou pour racler les produits le long de l'élément filtrant, à l'image des solutions décrites dans les documents WO2008124441A1, JP6320111A, JP2000246178A.

[0006] Ces solutions ne sont pas toujours totalement satisfaisantes car il est bien connu qu'elles présentent, dans de nombreux cas, une forte tendance à colmater les éléments filtrants. C'est pour cette raison qu'ont été développées des techniques d'assistance par vibrations ultrasoniques utilisées en complément de moyens mécaniques, à l'image des solutions décrites dans les documents FR2671743A1, US7694826B2, DE202005005847U1, WO2008040540A1 et US7497338B2. Le document US 2006/0266284 A1 présente lui un appareil dans lequel le tamis est directement mis en vibration par un transducteur à ultrasons.

[0007] Toutefois, toutes ces solutions sont dans de nombreux cas non satisfaisantes en terme de taux d'extraction des granulométries souhaitées, de reproductibilité et de rétention interne de produits.

[0008] Des problématiques similaires touchent le domaine des fluides lors d'opérations de filtration.

## Objet de l'invention

[0009] Le but de la présente invention est de proposer une solution de séparation de produits qui remédie aux inconvénients listés ci-dessus.

[0010] Un premier objet de l'invention est de fournir une solution de séparation de produits, par tamisage ou filtration, qui assure un taux optimum d'extraction très reproductible dans une parfaite adaptabilité.

[0011] Un deuxième objet de l'invention est de fournir une solution de séparation de produits, par tamisage ou filtration, silencieux, sans mouvement mécanique et réclamant des réglages simples, qui permette un fonctionnement continu, c'est-à-dire sans besoins d'opération spécifique pour évacuer les refus et sans zones de rétention interne de produits.

[0012] Un troisième objet de l'invention est de fournir une solution de séparation de produits, par tamisage ou filtration, pour lequel les produits à séparer sont préalablement organisés pour alimenter toute la largeur de l'élément filtrant ou tamisant et dont la seule énergie est apportée au moyen d'ondes ultrasons.

[0013] A cet effet, un premier aspect de l'invention concerne un dispositif de séparation de produits comprenant une structure mise en vibration par un convertisseur électroacoustique et supportant un élément filtrant ou tamisant. L'ensemble est configuré de sorte que la séparation de produits en des passants à travers l'élément filtrant ou tamisant et des refus résulte uniquement de vibrations ultrasoniques de l'élément filtrant ou tamisant induites par la mise en vibration de la structure par le convertisseur électroacoustique.

[0014] L'ensemble peut être configuré de sorte que l'évacuation des refus hors de l'élément filtrant ou tamisant résulte uniquement de l'effet de gravité pour autoriser une séparation des produits et une évacuation des refus continues sans constituer de zones de rétentions internes de produits.

[0015] Le dispositif peut comprendre une zone d'entrée destinée à être alimentée en produits à séparer dont la répartition préalable permet l'alimentation en un rideau continu sur toute sa largeur et une zone de sortie des refus après séparation et être configuré de sorte que l'élément filtrant ou tamisant, sous l'effet des vibrations ultrasoniques transmises par la structure, génère un écoulement des produits en cours de séparation de la zone d'entrée vers la zone de sortie en laissant traverser les passants à travers l'élément filtrant ou tamisant durant cet écoulement.

[0016] La zone d'entrée peut être située à une hauteur supérieure à celle de la zone de sortie.

[0017] L'élément filtrant ou tamisant peut être globalement plan et incliné par rapport à l'horizontale, la zone d'entrée étant prévue à proximité d'un bord haut de l'élément filtrant ou tamisant et la zone de sortie étant prévue à proximité d'un bord bas de l'élément filtrant ou tamisant, la direction de l'écoulement étant orienté du bord haut vers le bord bas.

**[0018]** Le dispositif peut comprendre un élément de réglage de l'inclinaison de l'élément filtrant ou tamisant dans une plage donnée de quelques degrés, par exemple comprise entre 0° et 10° environ, pour ajuster la vitesse d'écoulement des produits en cours de séparation en fonction de leur capacité à s'écouler.

**[0019]** L'élément filtrant ou tamisant étant fixé à la structure au moins au niveau de la zone de sortie, la surface de collage au niveau de la sortie entre l'élément filtrant ou tamisant et la structure peut être comprise dans un plan différent du plan de l'élément filtrant ou tamisant, l'arête de la zone de sortie peut-être sur le même plan que la structure ou de 0,2 millimètres à quelques millimètres en dessous.

**[0020]** L'émission des vibrations ultrasonores à la structure peut être réalisée en mode pulsé.

**[0021]** Le convertisseur électroacoustique peut être raccordé à la structure au niveau de la zone d'entrée grâce à des éléments de fixation.

**[0022]** Un deuxième aspect de l'invention concerne un appareil comprenant au moins un dispositif de séparation de produits tel que mentionné ci-dessus solidaire d'un châssis rigide par des éléments de liaison, l'appareil comprenant un dispositif d'alimentation pour déverser des produits à séparer sur l'élément filtrant ou tamisant du dispositif de séparation.

**[0023]** Les éléments de liaison entre le dispositif de séparation et le châssis rigide peuvent comprendre au moins un joint d'étanchéité, notamment solidaire de la structure du dispositif de séparation, interposé entre la structure et une surface de contact du châssis rigide, et configuré de sorte à absorber les vibrations ultrasoniques de la structure sans échauffement.

**[0024]** Les éléments de liaison entre le dispositif de séparation et le châssis rigide peuvent comprendre au moins un organe de serrage, notamment un ressort de compression, configuré pour serrer le dispositif de séparation contre la surface de contact du châssis rigide en comprimant le joint d'étanchéité d'une manière limitant voire évitant la transmission de vibrations ultrasoniques au châssis rigide.

**[0025]** Le dispositif d'alimentation peut assurer un déversement des produits sur toute la largeur de l'élément filtrant ou tamisant, notamment sous forme d'un rideau de produits d'épaisseur constante.

**[0026]** L'appareil peut comprendre un élément pour contenir les refus évacués hors de l'élément filtrant ou tamisant et/ou plusieurs dispositifs de séparation configurés et superposés les uns au-dessus des autres de sorte à présenter des calibres de rétention décroissants en allant de haut en bas, les produits à séparer alimentant un dispositif de séparation donné autre que celui le plus au-dessus étant constitué par les passants du dispositif de séparation directement au-dessus.

**[0027]** Un troisième aspect de l'invention concerne un procédé de séparation de produits utilisant un appareil tel que mentionné ci-dessus, comprenant une étape de séparation des produits en des passants à travers l'élé-

ment filtrant ou tamisant et des refus résultant uniquement de vibrations ultrasoniques de l'élément filtrant induites par la mise en vibration de la structure par le convertisseur électroacoustique.

**[0028]** L'étape de séparation des produits peut se faire par écoulement des produits à séparer le long de l'élément filtrant ou tamisant du dispositif de filtration, avec une dispersion des produits constitutifs des passants traversant l'élément filtrant ou tamisant en fonction d'un gradient de granulométrie croissant suivant le sens d'écoulement.

**[0029]** Enfin il peut être prévu un ajustement de la longueur d'écoulement des produits à séparer en fonction d'un seuil supérieur recherché de granulométrie des passants.

### Description sommaire des dessins

**[0030]** D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés sur les dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue de dessus d'un exemple de dispositif de séparation de produits selon l'invention,
- la figure 2 illustre la coupe A-A de la figure 1,
- la figure 3 représente la coupe B-B de la figure 2.

### Description de modes préférentiels de l'invention

**[0031]** La présente description se limitera essentiellement à des explications relatives à une séparation consistant en une opération de tamisage de poudres ou de granules, sans que cela ne doive être interprété comme une limitation de l'objet de la présente invention qui, au contraire, trouve également application pour une opération de filtration de produits sous forme de fluide, de type liquide ou gaz.

**[0032]** Sur la figure 1 est illustré un dispositif de séparation de produits 10 comprenant une structure 11 mise en vibration par un convertisseur électroacoustique 12 et supportant un élément filtrant ou tamisant 13. Le dispositif 10 a pour vocation de constituer un tamis dans le cas d'opérations de tamisage de poudres ou de granules, ou bien un filtre dans le cas d'opérations de filtration d'un liquide ou d'un gaz. Dans tous les cas, il s'agit de séparer, grâce à l'élément filtrant ou tamisant 13 ainsi mis en vibration par la structure 11, les produits en des refus et des passants en fonction de calibres de rétention correspondant à la taille des produits en dessus de laquelle ils constituent les refus qui sont à évacuer. Au contraire, les passants, par la mise en vibration de l'élément filtrant ou tamisant 13, sont destinés à traverser ce dernier en étant de taille inférieure au calibre de rétention.

**[0033]** L'élément filtrant ou tamisant 13 peut être constitué par toute solution idoine en fonction des produits à séparer, comme par exemple une toile métallique ou une

grille tendue ou bien encore une tôle perforée électroformée.

**[0034]** Selon une caractéristique importante, l'ensemble des éléments qui constituent le dispositif 10 est configuré de sorte que la séparation de produits en des passants à travers l'élément filtrant ou tamisant 13 et des refus résulte uniquement des vibrations ultrasoniques de l'élément filtrant ou tamisant 13 induites par la mise en vibration de la structure 11 par le convertisseur électroacoustique 12. Ainsi la séparation des produits est obtenue sans mouvement mécanique et sans apport d'énergie autre que celui correspondant aux ultrasons.

**[0035]** Il s'agit notamment d'une structure 11 non accordée, en ce sens qu'elle n'est pas conçue pour présenter une fréquence de résonance égale à multiple de la fréquence d'excitation délivrée par le convertisseur 12. Au contraire, la structure 11 peut être quelconque, réalisée à partir :

- d'une plaque d'aluminium ou autre métal conduisant les ultrasons sans perte d'amplitude ni d'amortissement, cette plaque étant par exemple usinée dans la masse,
- d'une structure tubulaire métallique soudée ou mécano-soudée ou collée ou montée par assemblage mécanique,
- d'une structure partiellement usinée et partiellement tubulaire assemblée selon les moyens ci-dessus.

**[0036]** L'ensemble est configuré de sorte que l'évacuation des refus hors de l'élément filtrant ou tamisant 13 résulte uniquement de l'effet de gravité pour autoriser une séparation des produits et une évacuation des refus qui sont continues, le tout sans constituer aucune zone de rétention interne des produits. Ainsi le dispositif 10 permet une évacuation naturelle et permanente des refus et des passants, s'affranchissant de toute nécessité de renversement, de raclage ou de brossage de l'élément filtrant ou tamisant 13.

**[0037]** Pour parvenir à ces résultats très avantageux, le dispositif 10 comprend par exemple une zone d'entrée 14 destinée à être alimentée en produits à séparer préalablement organisés pour alimenter toute la largeur de la surface filtrante ou tamisante et une zone de sortie 15 pour évacuer des refus après séparation. L'ensemble est configuré de sorte que l'élément filtrant ou tamisant 13, sous l'effet des vibrations ultrasoniques transmises par la structure 11 elle-même mise en vibration par le convertisseur 12, génère un écoulement des produits en cours de séparation de la zone d'entrée 14 vers la zone de sortie 15 en laissant traverser les passants à travers l'élément filtrant ou tamisant 13 durant cet écoulement. Notamment, la zone d'entrée 14 peut être située à une hauteur supérieure à celle de la zone de sortie 15 de sorte que l'écoulement est unidirectionnel comme l'illustre la flèche 16 sur la figure 1. La zone de séparation proprement dite est intercalée entre les zones d'entrée 14 et de sortie 15, étant constituée par l'élément filtrant

ou tamisant 13. C'est au niveau de la zone de sortie 15 que les refus sont évacués de manière permanente et naturelle par le simple effet de gravité sans constituer aucune zone de rétention interne des produits.

**[0038]** Grâce à cet écoulement 16 des produits généré par les seules vibrations ultrasoniques transmises à l'élément filtrant ou tamisant 13 par la structure 11, la fonction de répartition des produits est combinée à la fonction de tamisage (ou filtration) proprement dite. Ainsi toute l'énergie transmise au dispositif 10 est utilisée par le tamisage (ou filtration), contrairement à l'art antérieur où une fraction de l'énergie sert à la répartition des produits.

**[0039]** L'écoulement et la séparation reposent sur les principes physiques suivants :

Le transfert de l'énergie de vibration ultrasonore vers les produits à tamiser ou filtrer se fait par choc ou par effet catapulte. L'effet de ce transfert d'énergie est de propulser verticalement (vers le haut ou vers le bas) la majorité des particules de produits, celles-ci atteignant des hauteurs différentes selon leur diamètre, leur masse, le diamètre du fil utilisé, l'amplitude de la vibration et la fréquence de vibration ultrasonore appliquée. L'énergie d'un fil vibrant de l'élément filtrant ou tamisant 13 dépend de sa masse et du carré de sa vitesse de déplacement. La masse dépend du diamètre du fil, les fils habituellement utilisés ayant un diamètre variant de 20 à 50  $\mu\text{m}$  environ par exemple, soit une variation de masse avec un rapport de 1 à 6,25 par unité de longueur. Les particules à séparer ont un diamètre variable, par exemple variant de 25 à 50  $\mu\text{m}$ , soit une variation de masse avec un rapport de 1 à 8. Les éléments filtrant ou tamisant 13 les plus fins destinés à la séparation des plus petites particules utilisent des fils de plus petit diamètre, ces particules plus fines reçoivent donc de moins en moins d'énergie sauf à augmenter de manière importante l'amplitude des vibrations appliquées au fil. L'amplitude de vibrations du fil ne peut être augmentée sans risque de sa rupture en raison des contraintes exercées qui pourraient excéder la limite d'élasticité du matériau et des frictions à très grande vitesse existant entre les fils. Ces frictions risquent de causer une usure très rapide des fils, voire une fusion. Cette énergie transmise aux produits permet de disperser, répartir, la couche de produits présente à la surface de l'élément filtrant ou tamisant 13 et donc de dégager ses orifices pour permettre le passage des particules plus petites que ces orifices à travers l'élément 13.

**[0040]** Par ailleurs, cette énergie transmise aux produits permet une quasi-sélection en fonction de leur diamètre. Deux particules expulsées par le même fil à la même fréquence et à la même amplitude vont atteindre des hauteurs différentes selon leur dimension. Par exemple en doublant le diamètre d'une particule, on augmente sa masse par un rapport de huit. Sa hauteur de projection

est supérieure de même que le temps nécessaire à sa retombée sur l'élément filtrant ou tamisant 13, ce temps ne dépendant que de la hauteur atteinte. On peut estimer qu'une particule projetée à 30 mm présente un temps de chute de 0,07s durant lequel, à 40 kHz par exemple, l'élément filtrant ou tamisant 13 aura vibré 2800 fois, permettant de mettre de très nombreuses plus petites particules en mouvement. En augmentant la fréquence de vibrations jusqu'à 150 kHz tout en conservant la même amplitude, on met en suspension un nombre beaucoup plus important de particules par unité de temps tout en conférant aux petites particules une énergie plus importante en raison de l'accélération supérieure transmise. L'augmentation de la fréquence jusqu'à 150 kHz permet d'augmenter significativement le débit de l'élément filtrant ou tamisant 13. Les particules qui sont toujours en mouvement ont moins de chance de passer à travers l'élément filtrant ou tamisant 13 en raison des collisions potentielles avec d'autres particules et les fils. La séparation des particules s'effectue ainsi essentiellement au moment où les particules au repos sur l'élément ou tamisant 13 sont mises en mouvement par les vibrations. C'est pourquoi, l'émission de vibrations ultrasonores à la structure 11 est réalisée en mode pulsé de sorte qu'un cycle de repos et de mise en vibrations est effectué. La durée du cycle de repos est déterminée par le temps de retour de la particule qui a été projetée le plus haut au-dessus de l'élément 13. Ce temps est de l'ordre de 0.1 à 0.2s selon le produit à séparer, indépendamment de la fréquence. Le temps de mise en vibrations sera déterminé selon la nature du produit, du débit. Par exemple, le temps de vibrations peut correspondre à environ trois cycles associés à la particule expulsée à la plus grande distance de l'élément 13, soit de l'ordre de 0,15 à 0,3s à 40 kHz, ce temps étant donc à adapter en fonction de la fréquence.

**[0041]** L'élément filtrant ou tamisant 13 peut adopter une disposition globalement plane et inclinée par rapport à l'horizontale. La zone d'entrée 14 est prévue à proximité d'un bord haut de l'élément filtrant ou tamisant 13 et la zone de sortie 15 est prévue à proximité d'un bord bas de l'élément filtrant ou tamisant 13, tandis que la direction de l'écoulement 16 est naturellement orienté du bord haut vers le bord bas.

**[0042]** Ces résultats peuvent être atteints quelle que soit la forme du dispositif de séparation 10. Il peut notamment être de forme rectangulaire (à l'image de la figure 1), carrée, circulaire, ovale ou trapézoïdale, voire de forme géométrique quelconque qui permette de parvenir au fonctionnement recherché.

**[0043]** Dans le mode de réalisation illustré en aucun cas limitatif, la structure 11 réalisée par exemple par usinage d'une plaque massive d'aluminium est rigide, constituée d'alvéoles 17 distribuées de manière à conserver la rigidité de l'ensemble du dispositif 10 et notamment de la structure 11 et à permettre une transmission optimale des vibrations ultrasoniques le long de la structure 11 depuis le convertisseur 12. Elle comprend notamment au moins trois barres longitudinales 18 orientées dans

la direction d'écoulement 16, reliées entre elles le long de leur longueur par une pluralité de renforts 19. La barre latérale 20a est aménagée au bord haut mentionné ci-dessus en relation avec la zone d'entrée 14. La barre latérale 20b est aménagée au bord bas évoqué ci-dessus en relation avec la zone de sortie 15. Les barres latérales 20a, 20b relient chacune les extrémités de deux barres 18, de sorte à fermer le cadre de la structure. La répartition des renforts 19 le long des barres 18 est fonction de la dimension totale du dispositif 10 de manière à conserver des alvéoles 17 rectangulaires ou carrées adaptées à la dimension totale du dispositif 10. Les alvéoles 17 sont symétriques ou dissymétriques selon les dimensions du dispositif 10.

**[0044]** Les renforts 19 peuvent être usinés dans la masse, soudés ou vissés selon la construction déterminée. La section des renforts 19 est par exemple triangulaire avec la pointe tournée vers le haut, mais elle peut présenter toute autre forme constituant une absence de gêne à l'écoulement des produits passants. La pointe de la section des renforts 19 est positionnée de telle manière qu'elle n'entre jamais en contact avec l'élément filtrant ou tamisant 13.

**[0045]** La section des barres extérieures de la structure 11, que ce soit les barres longitudinales 18 ou les barres latérales 20a et 20b, est déterminée pour obtenir une répartition optimale des vibrations ultrasonores ainsi qu'une surface suffisante pour réaliser la fixation (par exemple par collage) de l'élément filtrant ou tamisant 13 sur la structure 11. Cette section (voir figure 2) peut être carrée ou rectangulaire ou de préférence légèrement trapézoïdale. La section de la barre latérale 20b du côté de la zone de sortie 15 peut être différente pour permettre une fixation non plane de l'élément filtrant ou tamisant 13 sur la structure 11. Autrement dit, dans le cas où l'élément filtrant ou tamisant 13 est fixé à la structure 11 au moins au niveau de la zone de sortie 15 sur la barre latérale 20b, la surface de collage 25 au niveau de la zone de sortie 15 entre l'élément filtrant ou tamisant 13 et la structure 11 peut être comprise dans un plan différent du plan de l'élément filtrant ou tamisant 13 sur le reste du dispositif 10. L'angle formé entre la surface de fixation 25 (par exemple par collage) par rapport au plan du reste de l'élément filtrant ou tamisant 13 est compris entre 1 à 90°. Cet angle peut être réalisé dans toute la largeur de la barre latérale 20b ou sur une partie de celle-ci, et être constituée de un ou plusieurs pans. Le mode de réalisation illustré sur la figure 3 comporte deux pans à 45° dont l'arête est décalée par rapport au centre de la barre 20b de sortie, cette arête de la zone de sortie peut-être sur le même plan que la structure ou de 0,2 millimètres à quelques millimètres en dessous de sorte à être sur un plan égal ou inférieur au plan de collage des faces planes.

**[0046]** En outre, le dispositif de séparation 10 peut comprendre un élément de réglage (non représenté) de l'inclinaison de l'élément filtrant ou tamisant 13 par rapport à l'horizontale dans une plage donnée de quelques

degrés, par exemple comprise entre 0° et 10° environ, pour ajuster la vitesse d'écoulement des produits en cours de séparation dans le sens 16 en fonction de leur capacité à s'écouler le long de l'élément filtrant ou tamisant 13 (forme, poids, nature des produits). L'élément de réglage en inclinaison peut être constitué par tout moyen idoïne, mécanique et/ou électrique et/ou manuel. L'écoulement des produits et l'avancée des refus le long du dispositif 10 se fait par simple réglage de la pente du dispositif qui sera plus haut à l'entrée 14 des produits qu'à la sortie 15 des refus. Une particule projetée orthogonalement à un fil retombe en effet en aval de son point de départ. Une particule projetée à 30 mm d'altitude par exemple depuis un élément filtrant en pente à 7° retombera environ 4 mm en aval de son point de départ. La répétition des envols et chutes permet d'obtenir un écoulement contrôlé jusqu'à la zone de sortie 15 où les particules refusées chutent par exemple dans une trémie de récupération sans aucun mouvement ni aucune action mécanique nécessaire, simplement sous l'effet de la gravité. Le réglage de la pente est fonction également des observations d'écoulement des produits sur l'élément filtrant ou tamisant 13.

**[0047]** En référence à la figure 1, le convertisseur électroacoustique 12 est raccordé à la structure 11 au niveau de la zone d'entrée 14 grâce à des éléments de fixation 21. Notamment le convertisseur 12, lui-même alimenté par un générateur non représenté au moyen d'un câble de liaison 22, peut être fixé au centre de la zone d'entrée 14 suivant la direction latérale orthogonale à la direction d'écoulement 16. Il peut toutefois être fixé en tout autre point de cette face sans préjudice de fonctionnement, ce qui confère un réglage pour obtenir la fréquence de résonance correcte. Une solution avantageuse est de choisir des éléments de fixation 21 accordés sur la fréquence d'excitation délivrée par le convertisseur 12. Par exemple la longueur et la forme des éléments de fixation 21 peuvent être choisies en demi-longueur d'onde de la fréquence d'excitation. Les éléments de fixation 21 peuvent par exemple adopter la forme d'un barreau de prolongation qui permet l'accord en fréquence. Le convertisseur 12 ou l'ensemble convertisseur 12/barreau de prolongation 21 est fixé par vissage à la structure 11 par exemple. La fréquence de vibrations est dans le domaine des ultrasons de puissance, soit entre 20 et 150 kHz environ par exemple.

**[0048]** En cas de collage de l'élément filtrant ou tamisant 13 sur les barres 18, 20a et 20b, celui-ci s'effectue à l'aide d'une colle de la plus faible épaisseur possible afin qu'elle n'ait aucun rôle dans l'amortissement des vibrations ultrasoniques et qu'elle ne s'échauffe pas sous l'action des vibrations ultrasonores lors de la transmission de la structure 11 à l'élément filtrant ou tamisant 13. Le film de colle entre l'élément filtrant ou tamisant 13 et la structure 11 est repéré 23. La transmission des vibrations ultrasonores à l'élément filtrant ou tamisant 13 dépend notamment de la qualité de la colle utilisée et de la qualité de la tension uniforme de l'élément filtrant ou ta-

misant 13. Cette tension doit être de 20 à 60 kg/cm<sup>2</sup>, la valeur de référence se situant autour de 40 kg/cm<sup>2</sup> pour optimiser le rendement du convertisseur 12 et permettre une homogénéité de vitesse de transmission des vibrations dans la structure 11 et l'élément filtrant ou tamisant 13. Il convient toutefois de ne pas dépasser la limite élastique du matériau constituant l'élément filtrant ou tamisant 13. Chaque fil de l'élément filtrant ou tamisant 13 lorsqu'il est constitué par une toile métallique se comporte comme une corde accordée vibrante, la propagation des vibrations s'effectuant par une vibration sinusoidale de ce fil. Cette vibration propre du fil soumis à une fréquence donnée est complétée par un déplacement latéral à la même fréquence dû à la vibration longitudinale de la structure 11 complétée par un déplacement longitudinal à la même fréquence dû à la vibration latérale de la structure 11. Ces trois sortes de mouvements synchronisés et combinés conduisent à une vibration parfaitement homogène de toute la surface de l'élément filtrant ou tamisant 13. L'amplitude des ondulations est contrôlée par le générateur qui permet d'ajuster le courant électrique délivré au convertisseur 12. La tension élevée appliquée à chaque fil permet de conserver une amplitude constante sur toute la surface de l'élément filtrant ou tamisant 13. Un abaissement de la tension mécanique de l'élément filtrant ou tamisant 13 au moment du collage, ou suite à une dégradation, conduirait à une augmentation de la tension électrique à appliquer au convertisseur 12 qui conférerait une amplitude de vibrations plus importante à la structure 11. Cette amplitude ne pouvant être transmise intégralement à l'élément filtrant ou tamisant 13 du fait de sa tension insuffisante, une partie de l'énergie délivrée se transformerait en chaleur transmise dans les joints d'étanchéité 24. Par ailleurs, les contraintes infligées à la structure 11 seraient supérieures, pouvant conduire à sa détérioration.

**[0049]** La fourniture d'un tel dispositif de séparation 10 de produits présente l'avantage de pouvoir construire un appareil ou une machine comprenant au moins un tel dispositif de séparation 10 monté solidaire d'un châssis rigide par des éléments de liaison (non représentés), l'appareil comprenant également un dispositif d'alimentation pour déverser des produits à séparer sur l'élément filtrant ou tamisant 13 du dispositif de séparation 10, notamment au niveau de la zone d'entrée 14. Il devient avantageux de prévoir que l'appareil comprenne plusieurs dispositifs de séparation 10 configurés et superposés les uns au-dessus des autres de sorte à présenter des calibres de rétention décroissants en allant de haut en bas. Dans une telle construction, le dispositif 10 le plus au-dessus est directement alimenté par le dispositif d'alimentation. Pour les dispositifs 10 autres que celui le plus au-dessus, les produits à séparer alimentant un dispositif de séparation 10 donné est constitué par les passants du dispositif de séparation 10 directement au-dessus. Chacun des étages de l'appareil est donc constitué par un dispositif de séparation 10 propre qui fonctionne tel que décrit ci-dessus. L'intérêt majeur réside dans la possibilité

de superposer les dispositifs 10 à granulométrie calibrée pour effectuer des coupes successives sans regrouper les produits ni devoir les répartir à chaque étage. La séparation s'effectue en empilant les dispositifs 10 séparés par le châssis rigide en mettant l'élément filtrant de plus petit calibre à l'étage inférieur et les calibres étant de plus en plus grands en allant de bas en haut. Ce dispositif permet en outre d'adapter la taille des éléments filtrant ou tamisant au débit relatif qu'il doit séparer. Par exemple, une machine est alimentée à 100 kg par heure, la quantité de produits arrivant sur le quatrième dispositif inférieur n'est plus que de 5 kg par heure, elle ne nécessite qu'une surface filtrante 50 % plus petite, la réalisation permet ainsi de faire une économie non négligeable d'élément filtrant ou tamisant dont le coût augmente fortement lorsque le calibre de rétention diminue à partir de 25 µm.

**[0050]** Le dispositif d'alimentation peut être configuré de sorte à assurer un déversement des produits sur toute la largeur de l'élément filtrant ou tamisant 13 du dispositif le plus au-dessus, notamment sous forme d'un rideau de produits d'épaisseur constante. Le déversement peut notamment, mais non exclusivement, être réalisé en continu.

**[0051]** Les éléments de liaison entre le(s) dispositif(s) de séparation 10 et le châssis rigide de l'appareil comprennent au moins un joint d'étanchéité interposé entre la structure 11 et une surface de contact du châssis rigide destinée à supporter la structure 11. Le joint est notamment solidaire de la structure 11 du dispositif de séparation 10, par exemple par collage de celui-ci, et sa réalisation est soignée, ce qui supprime toute friction et tout échauffement entre la structure 11 et le joint tandis qu'il absorbe progressivement les vibrations ultrasonores. Il peut s'agir d'une mousse élastomère prévue à cet effet. Le joint est repéré 24 sur les figures 2 et 3. La surface de contact du châssis qui reçoit le dispositif 10 peut aussi être équipée d'un joint de même nature que le joint 24 solidaire du dispositif 10, par exemple collé sur une bride métallique. En cas de présence de deux joints, ceux-ci sont sélectionnés pour un grand coefficient de frottement à l'interface entre les deux joints : il y a entraînement des mouvements des joints du châssis rigide (qui est une structure obtenue par chaudronnerie par exemple) par les joints 24 de la structure 11 sans déplacement relatif. L'amortissement final des vibrations s'effectue avant qu'elles n'atteignent le châssis rigide qui, au contraire, reste à l'abri de toute vibration et de tout échauffement.

**[0052]** Les éléments de liaison entre le(s) dispositif(s) de séparation 10 et le châssis rigide de l'appareil comprennent aussi au moins un organe de serrage, notamment au moins un ressort de compression, cet organe étant configuré pour serrer le dispositif de séparation 10 contre la surface de contact du châssis rigide en comprimant le(s) joint(s) d'étanchéité d'une manière limitant voire évitant la transmission de vibrations ultrasoniques au châssis rigide. Le serrage à l'aide de ressorts permet d'obtenir une pression contrôlée et identique sur toute la

surface du joint 24. Cette pression est calculée pour permettre l'absence de fuite de produits vers l'extérieur ou entre les différents étages éventuels de l'appareil. Comme chacun des dispositifs 10 n'est animé d'aucun mouvement et que le joint 24 est collé sur la structure 11 de ceux-ci, la pression de serrage peut donc être minimisée pour conserver l'étanchéité sans comprimer totalement les joints, ce qui changerait leur comportement à la transmission des vibrations ultrasonores. Une qualité des joints non appropriée ou un serrage non adéquat peuvent entraîner soit des fuites de produits, soit une transmission des vibrations au châssis rigide ainsi qu'un fort échauffement des joints 24 et de toute ou partie du dispositif 10 dans un environnement devenant bruyant selon les fréquences harmoniques développées.

**[0053]** L'appareil peut avantageusement comprendre un élément pour contenir les refus évacués hors de l'élément filtrant ou tamisant 13 à l'issue de la séparation. L'écoulement 16 des produits refusés constitutifs des refus est contenu par exemple par des allonges vissées au(x) dispositif(s) 10 de manière étanche, ces allonges étant réalisées en nylon® ou Delrin® ou tout autre matériau absorbant les vibrations ultrasonores sans échauffement. La fixation de ces allonges est réalisée par exemple par des vis en nylon® qui ne transmettent aucune vibration.

**[0054]** Dans le cas où l'appareil comprend au moins un dispositif de séparation 10 avec une zone d'entrée 14 et une zone de sortie 15 à altitudes distinctes, l'étape de séparation des produits (qui résulte uniquement de vibrations ultrasoniques de l'élément filtrant ou tamisant 13 induites par la mise en vibration de la structure 11 par le convertisseur électroacoustique 12) se fait par écoulement 16 des produits à séparer le long de son élément filtrant ou tamisant 13, avec une dispersion des produits constitutifs des passants traversant l'élément filtrant ou tamisant 13 en fonction d'un gradient de granulométrie croissant suivant le sens d'écoulement 16.

**[0055]** En effet, pour les produits distribués à l'entrée 14 du dispositif de plus grand calibre de rétention placé le plus au-dessus, les plus fins de ces derniers passent à travers son élément filtrant ou tamisant 13 dès les premiers millimètres lors de l'écoulement 16. Puis progressivement, ce sont les produits de plus en plus gros qui s'écoulent et traversent l'élément filtrant ou tamisant 13. Au niveau de la zone de sortie 15 ne passent à travers l'élément 13 que les passants qui ont des dimensions très proches du calibre de rétention de l'élément filtrant ou tamisant 13. Les passants récupérés sous le premier dispositif 10 sont ainsi sommairement classifiés et les passants récupérés sous les second et troisième tiers ne contiennent que très peu de poudres plus petites que le calibre de rétention du deuxième dispositif 10 directement en dessous, de sorte qu'il n'est pas nécessaire qu'ils parcourent la totalité de la longueur du deuxième dispositif 10. Cette présélection permet une dispersion des passants sur le dispositif 10 inférieur en fonction d'un gradient de granulométrie. Au contraire seuls les pas-

sants les plus fins (i.e. ceux qui passent à travers la première partie du premier dispositif 10 supérieur) nécessitent de subir une opération de séparation intense sur le deuxième dispositif 10 inférieur. Cette présélection permet de diminuer la quantité de particules présentes à l'entrée de l'appareil, elles ne sont pas encombrées par la présence de particules grosses qui ne nécessitent qu'une opération de séparation très succincte. Cette particularité permet d'ajuster la longueur nécessaire à la séparation à la population de produits : plus les produits sont petits face au calibre de rétention de l'élément filtrant ou tamisant 13 du dispositif 10 supérieur, plus ils tombent en amont de l'élément filtrant ou tamisant 13 du dispositif 10 inférieur et sont exposés à une intensification de l'opération de séparation, en raison de l'augmentation concomitante de la durée de l'écoulement 16. Cette répartition en pluie sur toute la surface du dispositif 10 inférieur diminue l'effet d'épaisseur de couche, augmente l'efficacité des vibrations ultrasonores sur le dispositif 10 inférieur et limite les collisions entre les particules.

**[0056]** Enfin l'étape de séparation peut comprendre avantageusement un ajustement de la longueur d'écoulement 16 des produits à séparer en fonction d'un seuil supérieur recherché de granulométrie des passants. En effet, l'appareil est statique et il est ainsi possible de déterminer parfaitement quelle longueur d'écoulement 16 et donc quelle longueur d'élément filtrant ou tamisant 13 est nécessaire pour atteindre la parfaite limite granulométrique des passants. Pour ce faire, il suffit d'introduire depuis la zone de sortie 15 par exemple une plaque réceptrice qui permet de récolter les passants juste sous le dispositif 10 inférieur et d'analyser leur granulométrie zone par zone. Si l'élément filtrant ou tamisant 13 présente un calibre de rétention trop grand par rapport au produit recherché, il suffit de masquer la partie aval qui correspond à la zone où apparaissent les passants trop gros ou trop nombreux. Il est donc possible d'adapter un dispositif au produit sans avoir à remplacer son élément filtrant ou tamisant 13. De la même manière, il est possible de limiter la proportion de particules dont la forme est trop éloignée de la forme moyenne des particules, celles présentant une forme ovoïde au lieu de sphérique venant se séparer des autres particules et se regrouper majoritairement en partie aval de l'élément filtrant ou tamisant 13.

**[0057]** L'appareil ainsi décrit est compact, silencieux, parfaitement adaptable au produit recherché et sans aucune zone de rétention interne de produits. Les réglages sont peu nombreux : la pente du dispositif 10, l'amplitude des vibrations ultrasonores, la durée des temps de marche et d'arrêt des vibrations ultrasonores.

**[0058]** Il résulte de ce qui précède les avantages et fonctionnements suivants :

- le dispositif de séparation ou l'appareil est une machine sans mouvement qui permet un taux d'extraction élevé reproductible qui n'utilise que l'énergie des ultrasons,

- le silence de fonctionnement découle du point ci-dessus,
- l'absence de mouvement permet d'avoir des joints qui ne reçoivent qu'un serrage très faible et donc qui ne sont pas affectés par les vibrations très énergétiques des ultrasons tout en assurant l'absence totale de fuite et une parfaite adaptabilité des éléments 13, ceci permettant aussi le collage des joints qui est une étape décisive,
- le fonctionnement est stable et reproductible grâce à une alimentation préalablement organisée pour se faire selon un rideau contrôlé et adapté au débit acceptable par la première surface filtrante ou tamisante,
- absence de rétention de produits à l'intérieur de l'appareil.

## Revendications

1. Dispositif de séparation (10) de produits comprenant une structure (11) mise en vibration par un convertisseur électroacoustique (12) et supportant un élément filtrant ou tamisant (13) **caractérisé en ce que** l'ensemble est configuré de sorte que la séparation de produits en des passants à travers l'élément filtrant ou tamisant et des refus résulte uniquement de vibrations ultrasoniques de l'élément filtrant ou tamisant induites par la mise en vibration de la structure par le convertisseur électroacoustique.
2. Dispositif de séparation de produits selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'ensemble est configuré de sorte que l'évacuation des refus hors de l'élément filtrant ou tamisant résulte uniquement de l'effet de gravité pour autoriser une séparation des produits et une évacuation des refus continues sans aucune rétention interne de produits.
3. Dispositif de séparation de produits selon l'une des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce qu'il** comprend une zone d'entrée (14) destinée à être alimentée en produits à séparer dont la répartition préalable permet l'alimentation en un rideau continu sur toute sa largeur et une zone de sortie (15) des refus après séparation et **en ce qu'il** est configuré de sorte que l'élément filtrant ou tamisant, sous l'effet des vibrations ultrasoniques transmises par la structure, génère un écoulement (16) des produits en cours de séparation de la zone d'entrée vers la zone de sortie en laissant traverser les passants à travers l'élément filtrant ou tamisant durant cet écoulement.
4. Dispositif de séparation de produits selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la zone d'entrée (14) est située à une hauteur supérieure à celle de la zone de sortie (15).

5. Dispositif de séparation de produits selon l'une des revendications 3 et 4, **caractérisé en ce que** l'élément filtrant ou tamisant est globalement plan et incliné par rapport à l'horizontale et **en ce que** la zone d'entrée est prévue à proximité d'un bord haut (20a) de l'élément filtrant ou tamisant et la zone de sortie est prévue à proximité d'un bord bas (20b) de l'élément filtrant ou tamisant, la direction de l'écoulement (16) étant orienté du bord haut vers le bord bas.
6. Dispositif de séparation de produits selon la revendication 5, **caractérisé en ce qu'il** comprend un élément de réglage de l'inclinaison de l'élément filtrant ou tamisant dans une plage donnée de quelques degrés, par exemple comprise entre 0° et 10° environ, pour ajuster la vitesse d'écoulement des produits en cours de séparation en fonction de leur capacité à s'écouler.
7. Dispositif de séparation de produits selon l'une des revendications 5 et 6, **caractérisé en ce que** l'élément filtrant ou tamisant étant fixé à la structure au moins au niveau de la zone de sortie, la surface de collage au niveau de la sortie entre l'élément filtrant ou tamisant et la structure est comprise dans un plan différent du plan de l'élément filtrant ou tamisant, l'arête de la zone de sortie pouvant être sur un plan égal ou inférieur au plan de collage des faces planes.
8. Dispositif de séparation de produits selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** l'émission des vibrations ultrasonores à la structure est réalisée en mode pulsé.
9. Dispositif de séparation de produits selon l'une des revendications 3 à 8, **caractérisé en ce que** le convertisseur électroacoustique est raccordé à la structure au niveau de la zone d'entrée grâce à des éléments de fixation (21).
10. Appareil comprenant au moins un dispositif de séparation (10) de produits selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 solidaire d'un châssis rigide par des éléments de liaison, l'appareil comprenant un dispositif d'alimentation pour déverser des produits à séparer sur l'élément filtrant ou tamisant (13) du dispositif de séparation.
11. Appareil selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** les éléments de liaison entre le dispositif de séparation et le châssis rigide comprennent au moins un joint d'étanchéité (24), notamment solidaire de la structure (11) du dispositif de séparation, interposé entre la structure (11) et une surface de contact du châssis rigide, et configuré de sorte à absorber les vibrations ultrasoniques de la structure sans échauffement.
12. Appareil selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** les éléments de liaison entre le dispositif de séparation et le châssis rigide comprennent au moins un organe de serrage, notamment un ressort de compression, configuré pour serrer le dispositif de séparation (10) contre la surface de contact du châssis rigide en comprimant le joint d'étanchéité (24) d'une manière limitant voire évitant la transmission de vibrations ultrasoniques au châssis rigide.
13. Appareil selon l'une des revendications 10 à 12, **caractérisé en ce que** le dispositif d'alimentation assure un déversement des produits sur toute la largeur de l'élément filtrant ou tamisant, notamment sous forme d'un rideau de produits d'épaisseur constante.
14. Appareil selon l'une des revendications 10 à 13, **caractérisé en ce qu'il** comprend un élément pour contenir les refus évacués hors de l'élément filtrant ou tamisant.
15. Appareil selon l'une des revendications 10 à 14, **caractérisé en ce qu'il** comprend plusieurs dispositifs de séparation (10) configurés et superposés les uns au-dessus des autres de sorte à présenter des calibres de rétention décroissants en allant de haut en bas, les produits à séparer alimentant un dispositif de séparation donné autre que celui le plus au-dessus étant constitué par les passants du dispositif de séparation directement au-dessus.
16. Procédé de séparation de produits utilisant un appareil selon l'une quelconque des revendications 10 à 15, comprenant une étape de séparation des produits en des passants à travers l'élément filtrant ou tamisant et des refus **caractérisé en ce que** la séparation résulte uniquement de vibrations ultrasoniques de l'élément filtrant induites par la mise en vibration de la structure par le convertisseur électroacoustique.
17. Procédé de séparation de produits selon la revendication 16 comprenant au moins un dispositif de séparation selon l'une des revendications 3 à 9, **caractérisé en ce que** l'étape de séparation des produits se fait par écoulement (16) des produits à séparer le long de l'élément filtrant ou tamisant dudit dispositif de filtration, avec une dispersion des produits constitutifs des passants traversant l'élément filtrant ou tamisant en fonction d'un gradient de granulométrie croissant suivant le sens d'écoulement..
18. Procédé de séparation selon la revendication 17, **caractérisé en ce qu'il** comprend un ajustement de la longueur d'écoulement des produits à séparer en fonction d'un seuil supérieur recherché de granulométrie des passants.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Trennen (10) von Produkten, umfassend eine Struktur (11), die durch einen elektroakustischen Wandler (12) in Vibration versetzt wird und ein Filter- oder Siebelement (13) trägt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anordnung derart konfiguriert ist, dass sich das Trennen von Produkten in Durchgänge durch das Filter- oder Siebelement und Rückstände ausschließlich aus Ultraschallvibrationen des Filter- oder Siebelements ergibt, die durch das in Vibration Versetzen der Struktur durch den elektroakustischen Wandler induziert werden. 5
2. Vorrichtung zum Trennen von Produkten nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anordnung derart konfiguriert ist, dass sich das Abführen der Rückstände aus dem Filter- oder Siebelement ausschließlich aus der Schwerkraftwirkung ergibt, um ein kontinuierliches Trennen der Produkte und ein kontinuierliches Abführen der Rückstände ohne irgendein inneres Zurückhalten der Produkte zu gestatten. 10
3. Vorrichtung zum Trennen von Produkten nach einem der Ansprüche 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie einen Eingangsbereich (14), der dazu bestimmt ist, mit zu trennenden Produkten versorgt zu werden, deren vorherige Verteilung die Zufuhr in einem kontinuierlichen Vorhang auf seiner ganzen Breite ermöglicht, und einen Ausgangsbereich (15) der Rückstände nach dem Trennen aufweist und dass sie derart konfiguriert ist, dass das Filter- oder Siebelement unter der Wirkung der Ultraschallvibrationen, die von der Struktur übertragen werden, ein Fließen (16) der Produkte während des Trennens von dem Eingangsbereich zu dem Ausgangsbereich erzeugt, indem die Durchgänge während dieses Fließens durch das Filter- oder Siebelement durchgelassen werden. 15
4. Vorrichtung zum Trennen von Produkten nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Eingangsbereich (14) auf einer Höhe angeordnet ist, die höher als jene des Ausgangsbereichs (15) ist. 20
5. Vorrichtung zum Trennen von Produkten nach einem der Ansprüche 3 und 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Filter- oder Siebelement insgesamt eben und gegenüber der Horizontalen geneigt ist und dass der Eingangsbereich in der Nähe eines oberen Randes (20a) des Filter- oder Siebelements vorgesehen ist und der Ausgangsbereich in der Nähe eines unteren Randes (20b) des Filter- oder Siebelements vorgesehen ist, wobei die Richtung des Fließens (16) von dem oberen Rand zu dem unteren Rand ausgerichtet ist. 25
6. Vorrichtung zum Trennen von Produkten nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie ein Element zum Einstellen der Neigung des Filter- oder Siebelements in einem vorgegebenen Bereich von einigen wenigen Graden, beispielsweise zwischen ungefähr 0° und 10°, aufweist, um die Fließgeschwindigkeit der Produkte während des Trennens je nach ihrer Fließfähigkeit einzustellen. 30
7. Vorrichtung zum Trennen von Produkten nach einem der Ansprüche 5 und 6, **dadurch gekennzeichnet, dass**, nachdem das Filter- oder Siebelement an der Struktur mindestens an dem Ausgangsbereich befestigt ist, die Haftfläche am Ausgang zwischen dem Filter- oder Siebelement und der Struktur in einer Ebene liegt, die sich von der Ebene des Filter- oder Siebelements unterscheidet, wobei die Kante des Ausgangsbereichs auf einer Ebene liegen kann, die gleich oder niedriger als die Haftenbene der ebenen Seiten ist. 35
8. Vorrichtung zum Trennen von Produkten nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Emission der Ultraschallvibrationen an die Struktur im Pulsmodus durchgeführt wird. 40
9. Vorrichtung zum Trennen von Produkten nach einem der Ansprüche 3 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der elektroakustische Wandler mit der Struktur an dem Eingangsbereich durch Befestigungselemente (21) verbunden ist. 45
10. Gerät, das mindestens eine Vorrichtung zum Trennen (10) von Produkten nach einem der Ansprüche 1 bis 9 aufweist, die durch Verbindungselemente mit einem starren Rahmen fest verbunden ist, wobei das Gerät eine Zuführvorrichtung aufweist, um zu trennende Produkte auf das Filter- oder Siebelement (13) der Vorrichtung zum Trennen zu schütten. 50
11. Gerät nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungselemente zwischen der Vorrichtung zum Trennen und dem starren Rahmen mindestens eine Dichtung (24) aufweisen, die insbesondere mit der Struktur (11) der Vorrichtung zum Trennen fest verbunden ist, die zwischen der Struktur (11) und einer Kontaktfläche des starren Rahmens angeordnet ist und derart konfiguriert ist, um die Ultraschallvibrationen der Struktur ohne Erwärmung zu absorbieren. 55
12. Gerät nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungselemente zwischen der Vorrichtung zum Trennen und dem starren Rahmen mindestens ein Klemmorgan, insbesondere eine Druckfeder, aufweisen, das konfiguriert ist, um die Vorrichtung zum Trennen (10) gegen die Kontaktfläche des starren Rahmens zu

klemmen, indem die Dichtung (24) in einer Weise komprimiert wird, die die Übertragung der Ultraschallvibrationen auf den starren Rahmen begrenzt oder sogar verhindert.

13. Gerät nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zuführvorrichtung ein Schütten der Produkte auf der gesamten Breite des Filter- oder Siebelements insbesondere in Form von einem Produktvorhang von konstanter Dicke gewährleistet.
14. Gerät nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** es ein Element aufweist, um die Rückstände zu enthalten, die aus dem Filter- oder Siebelement abgeführt werden.
15. Gerät nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** es mehrere Vorrichtungen zum Trennen (10) aufweist, die derart konfiguriert und übereinander gelagert sind, dass sie von oben nach unten gehend abnehmende Durchmesser zum Zurückhalten aufweisen, wobei die zu trennenden Produkte, die einer anderen gegebenen Vorrichtung zum Trennen zugeführt werden, als jener, die am obersten angeordnet ist, durch die Durchgänge von der Vorrichtung zum Trennen direkt darüber gebildet sind.
16. Verfahren zum Trennen von Produkten, das ein Gerät nach einem der Ansprüche 10 bis 15 verwendet, umfassend einen Schritt des Trennens der Produkte in Durchgänge durch das Filter- oder Siebelement und Rückstände, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das Trennen ausschließlich aus Ultraschallvibrationen des Filterelements ergibt, die durch das in Vibration Versetzen der Struktur durch den elektromechanischen Wandler induziert werden.
17. Verfahren zum Trennen von Produkten nach Anspruch 16, umfassend mindestens eine Vorrichtung zum Trennen nach einem der Ansprüche 3 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schritt des Trennens der Produkte durch Fließen (16) der zu trennenden Produkte entlang dem Filter- oder Siebelement der Filtervorrichtung mit einem Verteilen der Produkte, die die Durchgänge bilden, die das Filter- oder Siebelement durchqueren, in Abhängigkeit von einem Korngrößengradienten, der in Fließrichtung zunimmt, erfolgt.
18. Verfahren zum Trennen nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** es ein Anpassen der Fließlänge der zu trennenden Produkte in Abhängigkeit von einem gewünschten oberen Schwellenwert der Korngröße der Durchgänge aufweist.

## Claims

- Device (10) for separating products comprising a structure (11) made to vibrate by an electro-acoustic converter (12) and supporting a filtering or screening element (13), **characterized in that** the assembly is configured such that the separation of products into fines through the filtering or screening element and waste results only from ultrasonic vibrations of the filtering or screening element induced by the vibrating of the structure by the electro-acoustic converter.
- Device for separating products according to Claim 1, **characterized in that** the assembly is configured such that the discharging of the waste out of the filtering or screening element results only from the effect of gravity to allow a separation of the products and a discharging of the waste that are continuous with no internal retention of products.
- Device for separating products according to one of Claims 1 and 2, **characterized in that** it comprises an input zone (14) intended to be supplied with products to be separated, the prior spreading of which allows for the supply as a continuous curtain over its entire width, and an output zone (15) for the waste after separation, and **in that** it is configured such that the filtering or screening element, under the effect of the ultrasonic vibrations transmitted by the structure, generates a flow (16) of the products currently being separated from the input zone to the output zone by allowing the fines to pass through the filtering or screening element during this flow.
- Device for separating products according to Claim 3, **characterized in that** the input zone (14) is situated at a height greater than that of the output zone (15).
- Device for separating products according to one of Claims 3 and 4, **characterized in that** the filtering or screening element is globally flat and inclined relative to the horizontal and **in that** the input zone is provided in proximity to a high edge (20a) of the filtering or screening element and the output zone is provided in proximity to a low edge (20b) of the filtering or screening element, the direction of flow (16) being oriented from the high edge to the low edge.
- Device for separating products according to Claim 5, **characterized in that** it comprises an element for adjusting the inclination of the filtering or screening element within a given range of a few degrees, for example between 0° and approximately 10°, to adjust the rate of flow of the products being separated as a function of their flow capacity.

7. Device for separating products according to one of Claims 5 and 6, **characterized in that**, the filtering or screening element being fixed to the structure at least at the level of the output zone, the fining surface at the output level between the filtering or screening element and the structure is contained in a plane different from the plane of the filtering or screening element, the edge of the output zone being able to be on a plane equal to or lower than the fining plane of the flat faces. 5
8. Device for separating products according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the emission of the ultrasonic vibrations to the structure is performed in pulsed mode. 10
9. Device for separating products according to one of Claims 3 to 8, **characterized in that** the electro-acoustic converter is coupled to the structure at the level of the input zone using fixing elements (21) . 20
10. Apparatus comprising at least one device (10) for separating products according to any one of Claims 1 to 9, secured to a rigid frame by link elements, the apparatus comprising a feed device for pouring products to be separated onto the filtering or screening element (13) of the separation device. 25
11. Apparatus according to the preceding claim, **characterized in that** the link elements between the separation device and the rigid frame comprise at least one seal (24), notably secured to the structure (11) of the separation device, interposed between the structure (11) and a contact surface of the rigid frame, and configured so as to absorb the ultrasonic vibrations of the structure without heating up. 30
12. Apparatus according to the preceding claim, **characterized in that** the link elements between the separation device and the rigid frame comprise at least one clamping member, notably a compression spring, configured to clamp the separation device (10) against the contact surface of the rigid frame by compressing the seal (24) in a way that limits or even avoids the transmission of ultrasonic vibrations to the rigid frame. 35
13. Apparatus according to one of Claims 10 to 12, **characterized in that** the feed device ensures a pouring of the products over the entire width of the filtering or screening element, notably in the form of a curtain of products of constant thickness. 40
14. Apparatus according to one of Claims 10 to 13, **characterized in that** it comprises an element for containing the waste discharged from the filtering or screening element. 45
15. Apparatus according to one of Claims 10 to 14, **characterized in that** it comprises a number of separation devices (10) configured and superposed one on top of the other so as to offer retention gauges decreasing from top to bottom, the products to be separated feeding a given separation device other than the topmost one consisting of the fines from the separation device directly above. 50
16. Method for separating products using an apparatus according to any one of Claims 10 to 15, comprising a step of separation of the products into fines through the filtering or screening element and waste, **characterized in that** the separation results only from ultrasonic vibrations of the filtering element induced by the vibrating of the structure by the electro-acoustic converter. 55
17. Method for separating products according to Claim 16, comprising at least one separation device according to one of Claims 3 to 9, **characterized in that** the step of separation of the products is done by the flow (16) of the products to be separated along the filtering or screening element of said filtration device, with a dispersion of the products constituting the fines passing through the filtering or screening element as a function of a particle size gradient increasing in the direction of flow.
18. Separation method according to Claim 17, **characterized in that** it comprises an adjustment of the length of flow of the products to be separated as a function of a desired upper threshold of particle size of the fines.

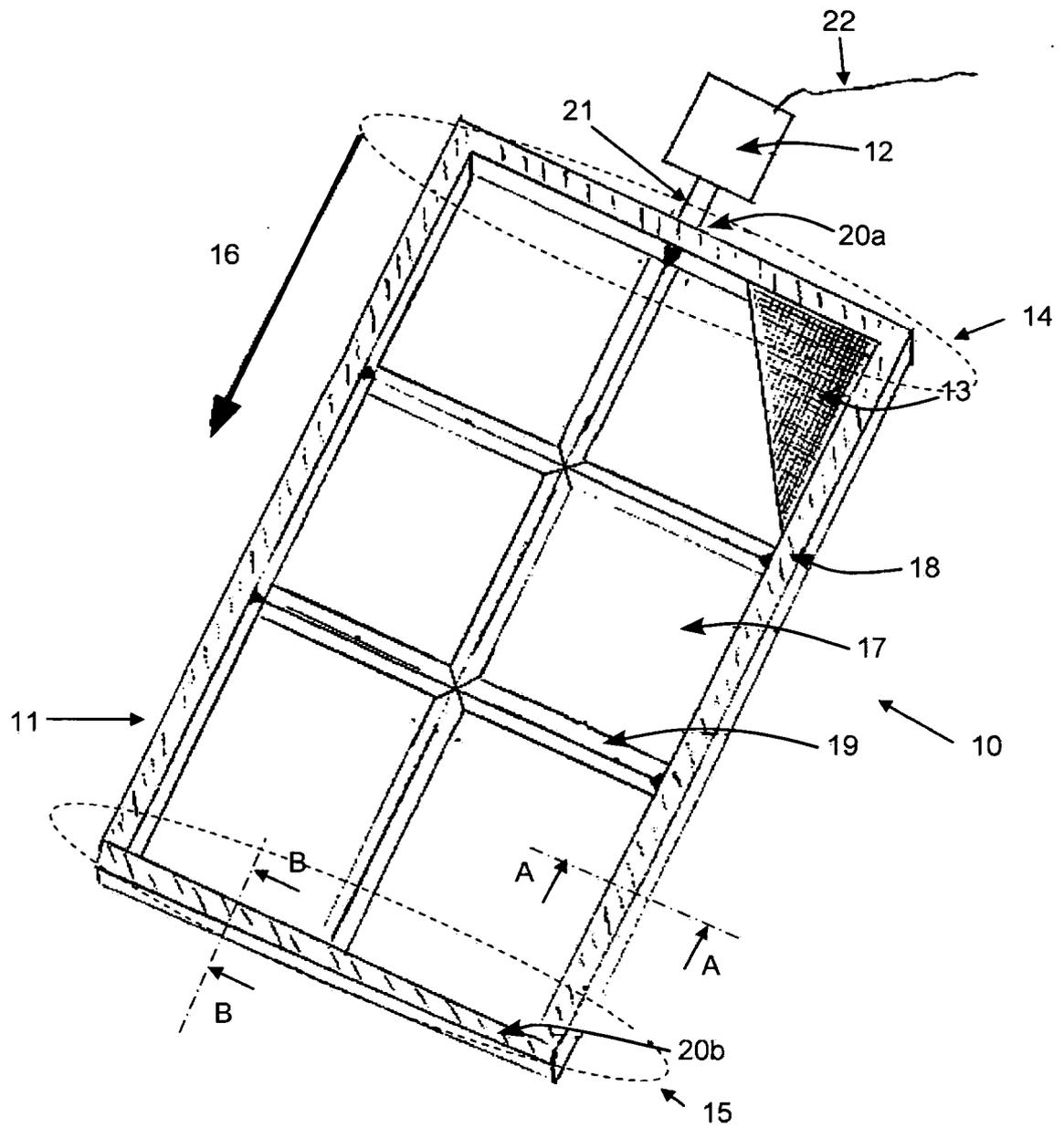


FIG.1

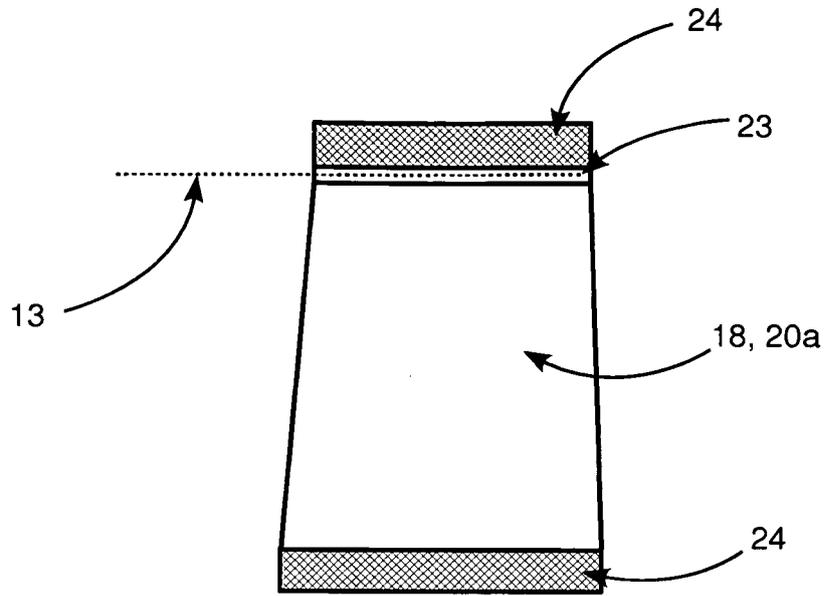


FIG. 2

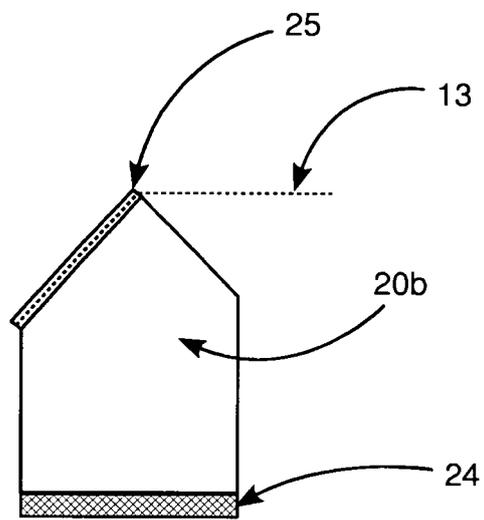


FIG. 3

**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- WO 2008124441 A1 [0005]
- JP 6320111 A [0005]
- JP 2000246178 A [0005]
- FR 2671743 A1 [0006]
- US 7694826 B2 [0006]
- DE 202005005847 U1 [0006]
- WO 2008040540 A1 [0006]
- US 7497338 B2 [0006]
- US 20060266284 A1 [0006]